

Karbon Aktif Teraktivasi $ZnCl_2$ sebagai Adsorben Logam Fe(III) Di Limbah Laboratorium Universitas Negeri Gorontalo

Siti Hadijah Lamato Bempa¹, Wiwin Rewini Kunusa^{1*}

¹Program Studi Kimia, Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Prof. Dr. Ing. BJ Habibie, Kab. Bone Bolango, 96119

ABSTRAK

Limbah laboratorium kimia merupakan limbah B3 mengandung unsur logam berat seperti besi (Fe) yang dihasilkan dari aktivitas praktikum dan penelitian. Penelitian ini bertujuan menganalisa kemampuan karbon aktif ampas tebu teraktivasi $ZnCl_2$ sebagai adsorben logam Fe(III) pada limbah laboratorium Universitas Negeri Gorontalo. Karbon aktif dikarakterisasi kadar air, kadar abu, daya adsorpsi, serta analisis FTIR, SEM, XRD. Aplikasi menggunakan metode adsorpsi dengan pengompleks 0,5 mL KSCN 2 M ditambah 0,3 mL HNO_3 4 M dan absorbansi diukur dalam Spektrometer UV-Visible. Nilai absorbansi dari hasil pengukuran larutan standar dengan variasi konsentrasi 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 dan 1 ppm, larutan induk Fe 100 ppm diperoleh persamaan regresi linier $y = 0.0721x + 0.0135$ nilai regresi (R^2) = 0.9988 (λ_{Max}) 490 nm dengan nilai absorbansi (A) tertinggi yakni 0.043. Hasil penelitian menunjukkan karbon aktif teraktivasi $ZnCl_2$ efektif dalam mengadsorpsi logam Fe(III) di limbah laboratorium dengan kadar teradsorpsi sampel A 88.36%, sampel B 94.10%, sampel C 92.36%, sampel D 90.19%, sampel E 91.49%, sampel F 90.91% dan sampel G 95.76%.

Kata Kunci : Adsorpsi, Karbon Aktif, Logam Fe(II), UV-Vis, Limbah Laboratorium

ABSTRACT

Chemical waste is B3 waste containing heavy metal elements such as Iron (Fe) produced from practical and research activities. The study aims to analyze the ability of activated carbon activated by $ZnCl_2$ as Fe (III) metal adsorbent in Laboratory Universitas Negeri Gorontalo waste. Activated carbon characterized by water content, ash content, adsorption power and FTIR, SEM, XRD analysis. The application uses the adsorption with 0.5 mL KSCN 2M complexing added 0.3 mL HNO_3 4M and adsorption was measured applying UV-Visible spectrophotometer. Adsorbance value from the results of standard measurements with variations in concentration of 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 and 1 ppm, Fe 100 ppm mother solution obtained the regression equation linear $y = 0.0721x + 0.0135$ regression value (R^2) = 0.9988 (λ_{Max}) 490 nm with the highest absorbance value (A) of 0.043. The results showed that activated carbon activated $ZnCl_2$ was effective in adsorbing Fe (II) metal in laboratory waste with adsorption levels of sample A 88.36%, sample B 94.10%, sample C 92.36%, sample D 90.19%, sample E 91.49%, sample F 90.91% and sample G 95.76%.

Keywords: Adsorption, Activated Carbon, Fe (II) Metal, UV-Vis, Laboratory Waste

Received: 21-07-2020, Accepted: 22-07-2020, Online: 23-07-2020

PENDAHULUAN

Laboratorium Kimia Universitas Negeri Gorontalo sebagai salah satu fasilitas penunjang proses pembelajaran dosen maupun mahasiswa untuk praktikum, penelitian bahkan riset kolaborasi antara mahasiswa dan dosen Jurusan Kimia ataupun dari fakultas lain. Berbagai kegiatan dalam laboratorium yang menggunakan zat-zat kimia dan pada akhirnya menghasilkan limbah. Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) yaitu sisa atau sampah yang mengandung zat-zat kimia yang berbahaya dan beracun yang berasal dari unsur logam berat seperti besi (Fe) dan unsur logam berat lainnya. Limbah cair yang dihasilkan berasal dari larutan-larutan yang dibuang langsung melalui wastafel dengan dialiri air tanpa ada perlakuan terlebih dahulu dan

*Corresponding author:
rewinikunusa@gmail.com

masuk di pembuangan masyarakat memberikan efek dapat mencemari lingkungan sekitar. Menyikapi hal tersebut perlunya inovasi riset dari mahasiswa mengingat logam berat seperti besi (Fe). terakumulasi dalam tubuh menyebabkan berbagai gangguan kesehatan.

Berbagai riset telah dikembangkan berbasis limbah pertanian sebagai tujuan utama *green chemistry*, selain ekonomis, regeneratif, tidak menghasilkan produk beracun dan efektif untuk mengadsorpsi logam berat dan zat pewarna sintetik, polutan industri, industri farmasi sebagai bahan absorben dan pemucat (*bleaching*) di depot-depot pengisian air mineral (Abdel *et al*, 2017). Beberapa metode untuk mengurangi kontaminasi logam berat di lingkungan yaitu metode adsorpsi, presipitasi, pertukaran ion, reverse osmosis, elektrokimia, membran filtrasi, penguapan, flotasi, proses oksidasi dan biosorpsi. Metode adsorpsi merupakan metode yang tepat dengan menggunakan karbon aktif dari limbah biomassa sebagai biosorben alami (Abdel *et al*, 2017). Ampas tebu merupakan limbah biomassa dengan kandungan karbon cukup tinggi, berpotensi sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif yang memiliki kapasitas adsorpsi tinggi (Wang *et al*, 2014).

Karbon aktif adalah material mikroporous dengan luas permukaan dan ukuran pori yang dapat dimodifikasi sifat fisikokimia, struktur pori dan luas permukaan melalui gugus-gugus aktif C-O, NH dan OH. (Tushar *et al*, 2017). Karbon aktif bermuatan (+) sehingga dapat mengikat polutan anion seperti NO_3^- , NO_2^- , PO_4^- pada permukaan matriks karbon melalui pembentukan ikatan ion dan mengikat kation seperti ion Pb^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} melalui mekanisme pertukaran ion (Wang *et al*, 2014). Dalam aplikasi, peningkatkan kapabilitas bioadsorben karbon aktif sangat penting untuk meningkatkan karakter fisikokimianya antara lain stabil terhadap kondisi termal dan proses pirolisis (Kyzas *and* Deliyani, 2015). Penggunaan zat activator sangat menentukan luas permukaan dan ukuran pori karbon aktif. Dilaporkan bahwa karbon aktif ampas tebu dengan luas permukaan $2800 \text{ m}^2/\text{g}$ mampu mengadsorpsi ion $\text{NO}_3^- > 80\%$ Selain itu, akan terjadi peningkatan keaktifan gugus-gugus aktif seperti NH yang diaktivasi *epichlorohydrin*, EDTA dan N, N-dimetilformamida memiliki kapasitas adsorpsi $1,05 \text{ mmol/g}^{-1}$ pada ion PO_4^- . Demikian juga penggunaan asam kuat sebagai zat aktivator berpengaruh terhadap nilai serapan konsentrasi sampel. Dilaporkan bahwa karbon aktif ampas tebu teraktivasi H_3PO_4 pada suhu aktivasi 500°C selama 2 jam, menunjukkan nilai serapan $7,01 \text{ mg/g}$ dan $5,40 \text{ mg/g}$ pada aplikasi logam Fe (II) atau Mn (II) (Khalid *et al*, 2014). Menurut Thuan *et al* (2017) garam-garam anorganik sebagai zat activator juga akan mempengaruhi kapasitas adsorpsi suatu logam kation maupun anion. Menurut riset, karbon aktif teraktivasi ZnCl_2 memiliki luas permukaan tinggi $>1500 \text{ m}^2/\text{g}$ mampu mengadsorpsi Ni^{2+} (66.4%, 2.99 mg/g) $< \text{Cu}^{2+}$ (90%, 13.24 mg/g) dan $< \text{Pb}^{2+}$ (99.9%, 19.3 mg/g). Karbon aktif termodifikasi ZnCl_2 menunjukkan kapasitas adsorpsi $\text{NO}_3^- \pm 10,2 \text{ mg/g}$.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Gorontalo Bahan yang digunakan ampas tebu, ZnCl_2 10%, HNO_3 , KSCN, $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, limbah laboratorium UNG, kertas saring. Alat yang digunakan neraca analitik, erlenmeyer, *magnetic stirrer*, gelas kimia, gelas ukur, corong, Spektrofotometer UV-Vis, FT-IR, SEM dan XRD.

Pembuatan Karbon Aktif

Ampas tebu diarangkan pada pada suhu 450°C dalam furnace selama 45 menit hingga berwarna hitam. Setelah itu diayak dengan ayakan digital dengan ukuran partikel 80

mesh. Selanjutnya tahap aktivasi secara kimia menggunakan $ZnCl_2$ 10% (24 jam temperature ruang). Kemudian disaring dan dicuci dengan aquades hingga pH netral, dikeringkan dalam oven suhu $75^\circ C$ selama 24 jam.

Tahap Karakterisasi Produk Karbon Aktif yang Dihasilkan

Produk karbon aktif dikarakterisasi sifat fisikokimia meliputi total yield, kadar air, kadar abu, pH, daya adsorpsi, analisis SEM, XRD dan FT-IR.

Samplng Limbah Laboratorium Universitas Negeri Gorontalo

Untuk sampel air sungai diambil lokasi sungai kecil yang melintasi sepanjang aliran dalam kampus dan di ambil 7 titik dengan jarak pertitik 100 meter sesuai gambar.1 Metode yang digunakan adalah grab sampling.



Gambar 1. Peta lokasi samplng air sungai di dalam kampus UNG

Tahap Aplikasi

Pembuatan Larutan Induk Fe 100 ppm

Sebanyak 0.215 gr $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ dimasukkan dalam labu ukur 25 mL dan ditambahkan 0.3 mL HNO_3 4M serta penambahan 0.5 mL KSCN 2M. Selanjutnya dihomogenkan dan ditambahkan aquadest sampai tanda batas.

Pembuatan Panjang Gelombang Maksimum

Dilakukan dengan mengukur absorbansi larutan standar besi(III) 3 ppm yang telah ditambahkan dengan 0.3 mL HNO_3 4M dan 0.5 mL KSCN 2M pada panjang gelombang 450 – 550 nm.

Pembuatan Kurva kalibrasi Fe(III) 0 ppm – 3 ppm

Larutan Fe(III) 10 ppm dimasukkan sebanyak 0.5 mL (0.5 ppm); 1 mL (1 ppm); 1.5 mL (1.5 ppm); 2 mL (2 ppm); 2.5 mL (2.5 ppm) dan 3 mL (3 ppm) pada labu ukur 10 mL. Ditambahkan 0.3 mL HNO_3 4M dan 0.5 mL KSCN 2M dikocok dan diencerkan sampai tanda batas. Absorbansi diukur pada λ_{maks} dan dibuat kurva hubungan antara absorbansi dan konsentrasi.

Penentuan Fe³⁺ Sampel Limbah Laboratorium UNG

Sampel sebanyak 6 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL ditambahkan 0.3 mL HNO₃ 4M dan 0.5 mL KSCN 2M. Kemudian dikocok sampai homogeny dan diencerkan sampai tanda batas. Absorbansi dibaca pada panjang gelombang maksimum.

Pengolahan Data

Jumlah sampel yang teradsorpsi oleh adsorben karbon aktif dihitung menggunakan persamaan 1.

$$\% \text{ adsorpsi} = \frac{(C_0 - C_s)}{C_0} \times 100 \% \quad (1)$$

dimana: C₀ = Konsentrasi sampel sebelum teradsorpsi (mg/L) dan C_s = Konsentrasi sampel sesudah teradsorpsi (mg/L). Kapasitas adsorpsi karbon aktif dihitung dengan menggunakan rumus yang disajikan pada persamaan 2.

$$Q = \frac{V(C_0 - C_a)}{m} \quad (2)$$

dimana: Q = Kapasitas adsorpsi per bobot adsorben (mg/g), V = Volume larutan (L), C₀ = Konsentrasi awal larutan (mg/L), C_a = Konsentrasi akhir larutan (mg/L), m = massa adsorben (gr)

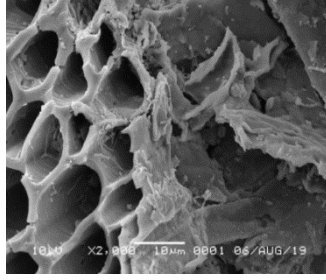
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Produk Karbon Aktif Teraktivasi ZnCl₂ 10%

Dalam aplikasi, setiap aktivator memiliki karakteristik khusus tergantung pada target dan prekursor adsorpsi. Rasio yang digunakan 1:10. didefinisikan sebagai rasio berat zat pengaktif ZnCl₂ 10% terhadap bahan baku. Berikut produk karbon aktif ampas tebu ditunjukkan pada gambar 2.

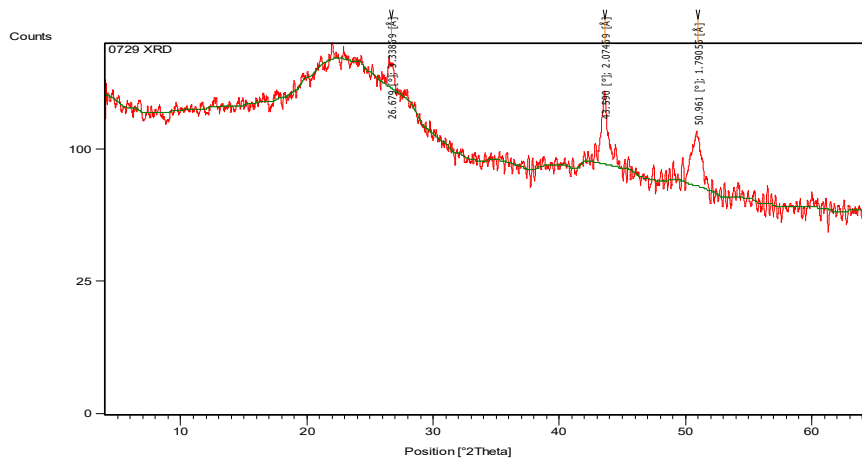


Gambar 2. (a) Serbuk ampas tebu (b) Produk karbon aktif ampas tebu



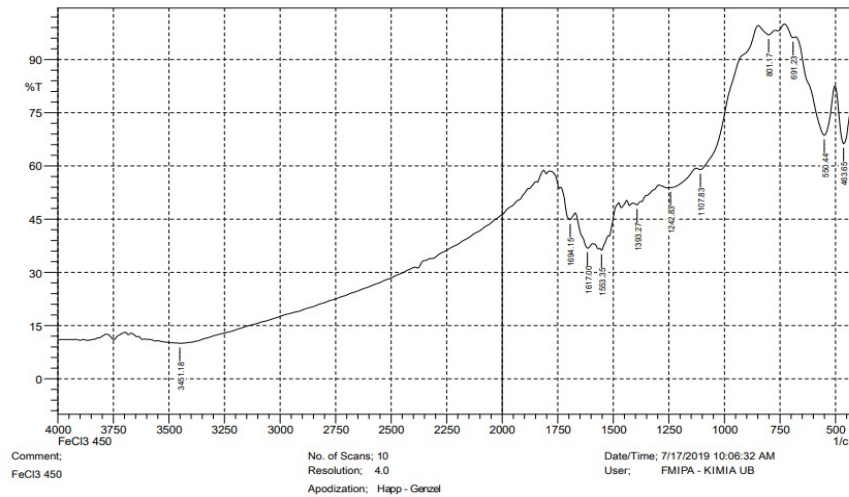
Gambar 3. Foto SEM karbon aktif dengan zat pengaktivasi $ZnCl_2$ 10% suhu $450^\circ C$ perbesaran 2000x

Gambar 3, foto SEM material bahan baku ampas tebu dan karbon aktif dengan aktivator $ZnCl_2$ 10% menggambarkan permukaan eksternal dari partikel karbon aktif memiliki celah, lubang- besar, retakan. Kristal dalam makropori kemungkinan besar adalah senyawa oksida Fe dengan zat pengaktivasi $ZnCl_2$ yang terbentuk selama proses pirolisis.



Gambar 4. Difraktogram XRD karbon aktif ampas tebu teraktivasi $ZnCl_2$ 10%

Berdasarkan data XRD, karbon aktif ampas tebu teraktivasi $ZnCl_2$ 10% pada sudut [2θ .] 43.5897 memiliki intensitas 100%, pada sudut [2θ .] 50.9609 memiliki intensitas 61.71% dan sudut [2θ .] 26.6788 intensitasnya 41.15%.

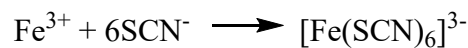


Gambar 5. Spektra FT-IR karbon aktif ampas tebu teraktivasi ZnCl₂ 10%

Berdasarkan Spektra FT-IR, karbon aktif ampas tebu teraktivasi menunjukkan pita kuat pada 1750-1500 cm⁻¹ getaran C – C pada cincin aromatic dari karbon aktif dengan aktivator ZnCl₂ 10% disertai karakteristik pita lebar pada 1000–600 cm⁻¹

Tahap Aplikasi dan Pengukuran secara Spektrofotometer UV-Vis

Penentuan (λ_{Max}) ditunjukkan oleh adsorbansi yang tinggi. Prinsip penentuan kadar Fe(III) secara spektrofotometri yaitu mengukur adsorbansi suatu cuplikan sebagai fungsi dari konsentrasi sehingga akan didapatkan konsentrasi Fe(III) yang terkandung dalam sampel. Pengompleks KSCN direaksikan dengan HNO₃ dalam menentukan kadar Fe(III) sesuai reaksi berikut (Kurniawati dan Djarot, 2016).



Larutan KSCN sebagai pembentuk senyawa kompleks berwarna merah dan stabil. HNO₃ sebagai katalis untuk menjaga kondisi pH agar tidak terjadi endapan garam besi. Berikut hasil pengukuran pemilihan (λ_{Max}) 490 nm yang disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Nilai Panjang Gelombang Maksimum

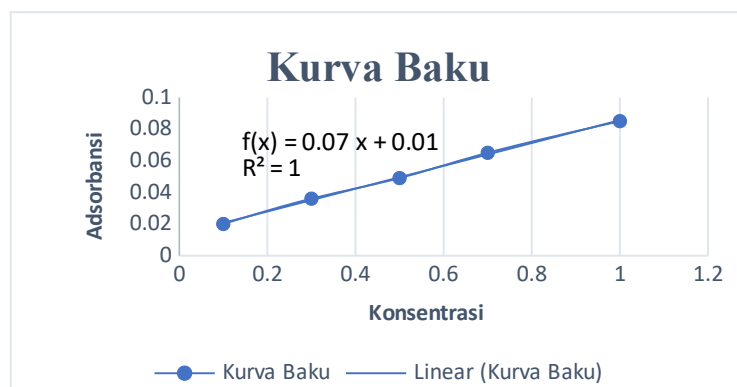
λ_{max}	Absorbansi (A)
450	0,028
460	0,032
470	0,037
480	0,039
490	0,043
500	0,041
510	0,039
520	0,037
530	0,032
540	0,028

Kurva kalibrasi dibuat dari pengukuran kompleks $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{-3}$ pada (λ_{Max}) 490 nm. Kurva kalibrasi dibuat untuk menentukan besarnya konsentrasi Fe(III) yang tereduksi untuk membuktikan Hukum Lambert-Beer. Berikut hasil pengukuran larutan standar untuk (λ_{Max}) 490 nm ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai Absorbansi Konsentrasi Larutan Standar Fe

No	Konsentrasi Larutan Standar (ppm)	Absorbansi (A)	% Transmittansi(%T)
1	0.1	0,02	93.8
2	0,3	0,036	92.6
3	0,5	0,049	91.0
4	0,7	0,065	86.4
5	1	0,085	82.2

Berdasarkan data pada tabel 2 larutan standar adalah larutan yang mengandung konsentrasi yang diketahui secara tepat dari unsur atau zat. Nilai absorbansi dari hasil pengukuran larutan standar Fe dari $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ dengan larutan induk Fe 100 ppm yang ditambahkan 0,3 mL HNO_3 4M dan 0,5 mL KSCN 2M. Variasi konsentrasi larutan baku Fe (III) menyebabkan warna kompleks yang dihasilkan juga berbeda, semakin besar konsentrasi larutan Fe (III) semakin pekat warna kompleks $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{-3}$. Nilai adsorbansi larutan standar dibuat kurva kalibrasi/kurva standar yang menunjukkan hubungan antara konsentrasi larutan (sumbu-x) dengan absorbansi larutan (sumbu y). Berikut kurva kalibrasi untuk (λ_{Max}) 490 nm ditunjukkan pada gambar 6.

Gambar 4 Kurva Kalibrasi Fe untuk (λ_{Max}) 490 nm

Berdasarkan gambar 6 nilai absorbansi dari hasil pengukuran larutan standar larutan induk Fe 100 ppm diperoleh persamaan regresi linier $y = 0.0721x + 0.0135$ dengan nilai regresi (r^2) = 0.9988. Nilai r^2 yang baik terletak pada kisaran $0,9 \leq r^2 \leq 1$. Nilai $r = 0,9988$ menunjukkan bahwa semua titik terletak pada garis lurus yang gradiennya positif karena nilai tersebut berada dalam range $-1 \leq r \leq 1$ (Dianawati, 2013). Berikut data hasil pengukuran larutan sampel limbah laboratorium sebelum adsorbansi (λ_{Max}) 490 nm ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai Absorbansi Sampel Sebelum Proses Adsorpsi λ_{\max} 490 nm

No	Kode Sampel	Abs (A)	% T	Ppm
1	A	0.189	64.6	2.43
2	B	0.288	51.4	3.81
3	C	0.288	51.4	3.81
4	D	0.255	42.0	3.35
5	E	0.376	55.6	5.03
6	F	0.176	66.6	2.25
7	G	0.236	58.0	3.08

Berdasarkan data pada tabel 3 sebelum absorpsi nilai absorbansi sampel A-G memiliki konsentrasi Fe(III) > 0,05-0,1 mg/L. Hasil analisis disetiap titik lokasi mengandung logam berat Fe(III). Kandungan logam berat besi Fe yang lebih banyak ditunjukkan pada sampel E dimana sampel tersebut diambil pada lokasi jembatan yang tepat berada dibawah laboratorium kimia. Selanjutnya hasil pengukuran adsorbansi untuk pengukuran sampel limbah laboratorium setelah proses adsorpsi ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 4. Nilai Adsorbansi Sampel setelah Proses Adsorpsi λ_{\max} 490 nm

No	Kode Sampel	Abs (A)	% T	Ppm
1	A	0.022	95.0	0.119
2	B	0.017	96.2	0.049
3	C	0.022	95.0	0.119
4	D	0.025	94.4	0.160
5	E	0.032	92.8	0.256
6	F	0.016	96.4	0.034
7	G	0.010	97.6	-0.048

Berdasarkan pada data tabel 4 sampel A-G memiliki konsentrasi Fe(III) < 0,05-0,1 mg/L. Bahkan untuk sampel G konsentrasi Fe(III) tidak terdeteksi (ND).

Tabel 5. Nilai Kapasitas Adsorpsi Sampel Limbah Laboratorium

No	Kode Sampel	A (sebelum)	A (sesudah)	% adsorpsi
1	A	0.189	0.022	88.36%
2	B	0.288	0.017	94.10%
3	C	0.288	0.022	92.36%
4	D	0.255	0.025	90.19%
5	E	0.376	0.032	91.49%
6	F	0.176	0.016	90.91%
7	G	0.236	0.010	95.76%

Hasil analisis pengolahan dari UV-Vis menunjukkan bahwa karbon aktif teraktivasi $ZnCl_2$ lebih efektif dalam mengadsorpsi logam berat besi (Fe) pada limbah laboratorium UNG. Hal ini dilihat dari berkurangnya kadar setelah proses adsorpsi karena aktivator $ZnCl_2$ menghasilkan adsorpsi paling tinggi dibandingkan dengan asam fosfat maupun kalium hidroksida pada aktivasi arang aktif (Fauziah, 2012).

SIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa karbon aktif ampas tebu teraktivasi $ZnCl_2$ 10% yang digunakan sangat efektif dalam mengadsorpsi logam berat Fe(III) pada limbah laboratorium UNG dilihat dari nilai kapasitas adsorpsi yang cukup besar yaitu pada sampel A 88,36%, B 94,10%, C 92,36%, D 90,19%, E 91,49%, F 90,91% dan G 95,76%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel El-Aziz A. Said^{1,*}, Aref A. M. Aly¹, Mohamed M. Abd El-Wahab¹, Soliman A. Soliman¹, Aly A. Abd El-Hafez¹, V. Helme², Mohamed N. Goda¹. 2012. Potential Application of Propionic Acid Modified Sugarcane Bagasse for Removing of Basic and Acid Dyes from Industrial Wastewater. *Resources and Environment*. 2(3): 93-99
- Dianawati, Sisca. 2013. "Studi Gangguan Ag(I) dalam Analisa Besi dengan Pengompleks 1,10-Fenantrolin pada pH 4,5 secara Spektrofotometri UV-Vis". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember. *Jurnal Sains dan Seni POMITS Vol.2, No.2,(2013)* 2337-3520 (2301-928X Print)
- Faharani, M., S. R. S. Abdullah, S. Hosseini, S. Shojaeinipour, and M. Kashisaz. 2011. Adsorption-based Cationic Dyes using the Carbon Active Sugarcane Bagasse. *Procedia Environmental Sciences*. 10: 203-208
- Faujiah F. 2012. Pemanfaatan karbon aktif dari limbah padat industri agar-agar sebagai adsorben logam berat dan bahan organik dari limbah industri tekstil [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor
- Gara, Ramos Rodríguez. 2012. *Nitrate and phosphate removal from aqueous solutions by biochar and agro-forestry residues*. Master. [Thesis in Chemical Engineering]
- González-García P. 2018. Activated carbon from lignocellulosics precursors: A review of the synthesis methods, characterization techniques and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 82: 1393-1414.
- Handika, Gewa., Seri Maulina, dan Vidyona Anggun Mentari. 2017. Karakteristik Karbon Aktif dari Pemanfaatan Limbah Tanaman Kelapa Sawit dengan Penambahan Aktivator Natrium Karbonat (Na_2CO_3) dan Natrium Klorida (NaCl). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 6(4) : 41-44
- Khalid Z. Elwakeel, Gamal O. El-Sayed & Susan M. Abo El-Nassr. 2014 Removal of ferrous and manganous from water by activated carbon obtained from sugarcane bagasse. 55(2) : 471-483
- Khasanah, N. E. 2009. Adsorpsi Logam Berat. *Jurnal Oseana*, 34(4), 1-7.
- Kurniawati, Sureni dan Djarot Suguarso. 2016. Perbandingan Kadar Fe (II) dalam Tablet Penambah Darah secara Spektrofotometri UV-Vis yang Dipreparasi Menggunakan Metode Destruksi Basah dan Destruksi Kering. *Jurnal Sains Dan Seni Its*. 5(1), C-3. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Kyzas, G. Z., & Deliyanni, E. A. 2015. Modified activated carbons from potato peels as green environmental-friendly adsorbents for the treatment of pharmaceutical effluents. *Chemical Engineering Research and Design*. 97: 135-144
- Leimkuehler, Eric Paul. 2010. *Production, Characterization, And Applications Of Activated Carbon*. A Thesis Presented To The Faculty Of The Graduate School University Of Missouri
- Liyana, Nur Binti Ramlee. 2013. *Removal Of Ions From Aqueous Solution Using Rice Husk-Based Activated Carbon*. Dissertation Submitted In Partial Fulfilment Of The Requirements For The Bachelor Of Engineering (Hons) (Chemical Engineering),
- Mdoe, J.E.G., and Mkayula, L.L. 2002. Preparation And Characteritaton Of Activated Carbon From Rice Husks And Shells Of Palm Fruits. *Tanz. J. Sci.* 28(2): 131-132.
- Safii, Farhan Fikri., Dan Mitarlis. 2013. Pemanfaatan Limbah Padat Proses Sintesis Pembuatan Furfural Dari Sekam Padi Sebagai Arang Aktif. *Unesa Journal Of Chemistry*. 2(2)
- Thuan Van Tran, Bui Thi Phuong Quynh, Pham Van Thinh, Huynh Thanh Cong. 2016. Production of A ctivated Carbon from Sugarcane Bagass by Chemical Activation with with $ZnCl_2$: Preparation and Characterization Study. *Research Journal of Chemical Sciences*.Vol. 6(5), 42-47, E-ISSN 2231-606X
- Tushar C. Sarker, Ahmed Abd El-Gawad, Shah Md. Golam Gousul Azam, Salvatore A. Gaglione. 2017. Sugarcane bagasse: a potential low-cost biosorbent for the removal of hazardous materials. *Clean Techn Environ Policy*. DOI: 10.1007/s10098-017-1429-7
- Wang, L.,Zhang,Z.,Qu,Y.,Guo,Y.,Wang,Z.&Wang,X. 2014. A novel route for preparation of high-performance porous carbons from hydrochars by KOH activation. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 447: 183-187.
- Yosefa, P. L, M. Akmal, dan S. Halida. 2015. Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Adsorben Untuk Peningkatan Kualitas Air Gambu. *JOM FMIPA*. 2: 56-63